

УДК 669.15-194.56; 539.89:536.42

В. В. Сагарадзе*

Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

*vsagaradze@imp.uran.ru

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ИНДУЦИРУЕМЫЕ ДИФфуЗИОННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛЯХ

Показана возможность развития аномальной низкотемпературной диффузии в сталях при холодной деформации в результате зарождения и миграции междоузельных атомов, что приводит, в частности, к растворению интерметаллидов в процессе деформации при 77 К.

Ключевые слова: деформация, аустенитные стали, низкотемпературная диффузия, междоузельные атомы, интерметаллиды.

V. V. Sagaradze

LOW-TEMPERATURE DEFORMATION-INDUCED DIFFUSION TRANSFORMATIONS IN STEELS

The possibility of anomalous low-temperature diffusion in steels under cold deformation as a result of nucleation and migration of internode atoms is shown, which leads, in particular, to the dissolution of intermetallides during deformation at 77 K.

Key words: deformation, austenitic steel, low-temperature diffusion, interstitial atoms, intermetallic.

В процессе деформации при низких и криогенных температурах в метастабильных аустенитных сталях обычно развиваются бездиффузионные (мартенситные) превращения. Вакансионная диффузия в этих условиях не наблюдается. В частности, деформационное растворение дисперсных фаз, состоящих полностью или частично из элементов замещения (никель, титан, железо, хром, ванадий и др.), трудно себе представить при таких пониженных температурах. Однако в выполненных нами работах [1; 2] была показана возможность обра-

зования деформационно-индуцированных приграничных атомных сегрегаций никеля и аномального деформационного растворения самых разнообразных дисперсных фаз (интерметаллидов, оксидов, нитридов хрома и др.) при 300 К и ниже. В настоящем исследовании мессбауэровским методом надежно показана возможность растворения интерметаллидов Ni_3Ti и Ni_3Al в предварительно состаренных сплавах Fe-36Ni-3Ti и Fe-36Ni-5Al в процессе деформации при 77 К. Наблюдаемая аномальная диффузия объясняется деформационной генерацией междоузельных атомов (несмотря на высокую энергию их образования) и их миграцию из частицы в матрицу, например вслед за дислокациями. Как показывают расчеты [2], атомы никеля в междоузельном положении в виде краудина (энергия активации миграции $E \sim 0,1$ эВ) могут двигаться диффузионным путем (на ощутимое расстояние ~ 1 нм и больше) в поле напряжения дислокаций даже при температуре 77 К, когда вакансии «заморожены». При повышении температуры деформации до 500–600 К, напротив, активизируется вакансионная диффузия, что приводит к аномально ускоренному выделению интерметаллидов. Нами была экспериментально подтверждена миграция междоузельных атомов никеля при 77–160 К в Fe-Ni — аустенитных сплавах по изменению электросопротивления в процессе отжига при этих температурах в предварительно деформированных образцах. Подобная ситуация имеет место и в облученных высокоэнергетическими частицами сплавах, когда образование междоузельных атомов не вызывает сомнения. Наблюдаемые аномальные деформационно-индуцированные диффузионные процессы при низких температурах, связанные с зарождением и миграцией междоузельных атомов, необходимо учитывать при анализе технологии деформационного упрочнения сталей.

*Работа выполнена по теме «Структура»,
№ АААА-А18–118020190116–6. Электронно-микроскопические
исследования проведены в ОЭМ ЦКП ИФМ УрО РАН.*

Литература

1. Сагарадзе В. В., Уваров А. И. Упрочнение и свойства аустенитных сталей. Екатеринбург : РИО УрО РАН, 2013. 720 с.
2. Deformation-induced dissolution of the intermetallics Ni_3Ti and Ni_3Al in austenitic steels at cryogenic temperatures / V. V. Sagaradze [et al.] // Philosophical magazine, 2016. V. 96. № 17. P. 1724–1742.